

## ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN COMPOSICIONAL EN SUPERREDES DE InAsBi/InAs SOBRE InAs PARA FOTODETECTORES EN EL INFRARROJO LEJANO.

Fernández-de-los-Reyes, D., Ben-Fernández, T., Braza-Blanco, V., Flores-Gallego, S., González-Robledo, D. Equipo de investigación Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Instituto IMEYMAT, Universidad de Cádiz.

Desde hace varias décadas, los semiconductores III-V han sido ampliamente investigados debido a sus excelentes propiedades electrónicas y optoelectrónicas. Después del estudio exhaustivo de otros compuestos III-V, el elemento restante del grupo V, el bismuto, ha comenzado a recibir una atención creciente. De hecho, las aleaciones de GaAsBi ya se han usado para formar la región activa en estructuras emisoras de luz tales como LED y láseres bombeados ópticamente. Sin embargo, la incorporación de Bi en InAs no se ha investigado hasta hace muy poco tiempo. Ciertamente, parece que la adición de una pequeña cantidad de Bi en InAs causa una gran reducción de la banda prohibida, haciendo esta aleación muy útil para desarrollar nuevas fuentes de luz y fotodetectores que operan en el rango de longitud de onda de infrarrojo medio y lejano (3-30  $\mu\text{m}$ ). Además, este compuesto comprende componentes semi-

conductores y semimetálicos y, debido a eso, se espera que posea un espacio de banda insensible a la temperatura.

Todas estas características hacen del InAsBi un compuesto prometedor en el desarrollo de posibles aplicaciones en el campo de la ingeniería de bandas, compensación de tensión e integración optoelectrónica. No obstante, el bismuto tiene varios problemas para ser incorporado en este tipo de aleaciones, debido a una brecha de miscibilidad extremadamente grande y una solubilidad sólida de equilibrio muy pequeña (menos de 0,025%). Por lo tanto, el crecimiento de aleaciones de bismuto diluidos ha estado históricamente plagado por la segregación superficial del bismuto, lo que resulta en la formación de gotas, separación de fases y/o la formación de un ordenamiento extra.

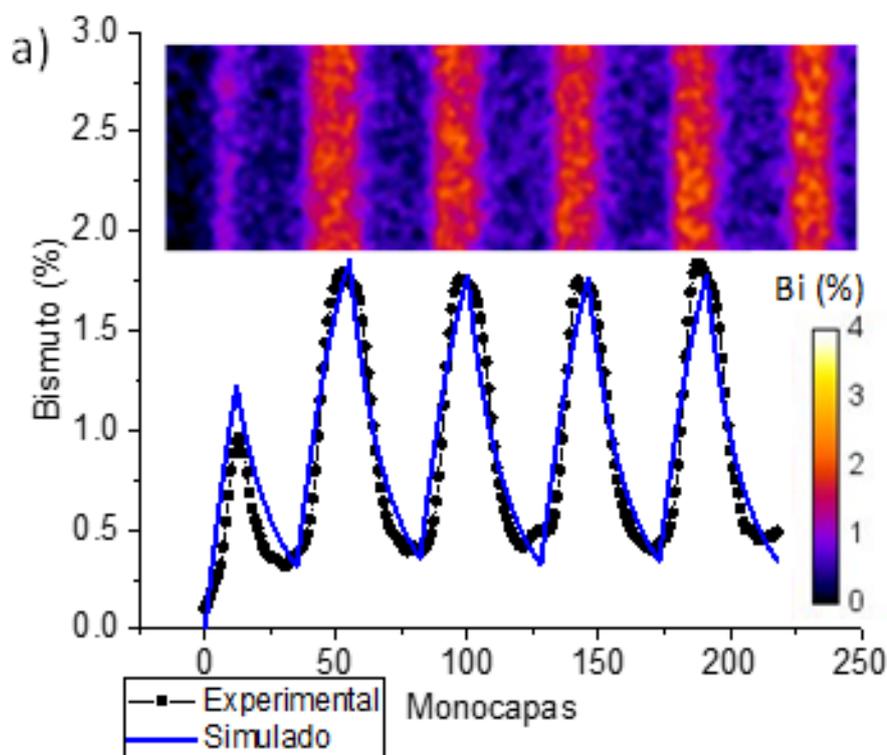
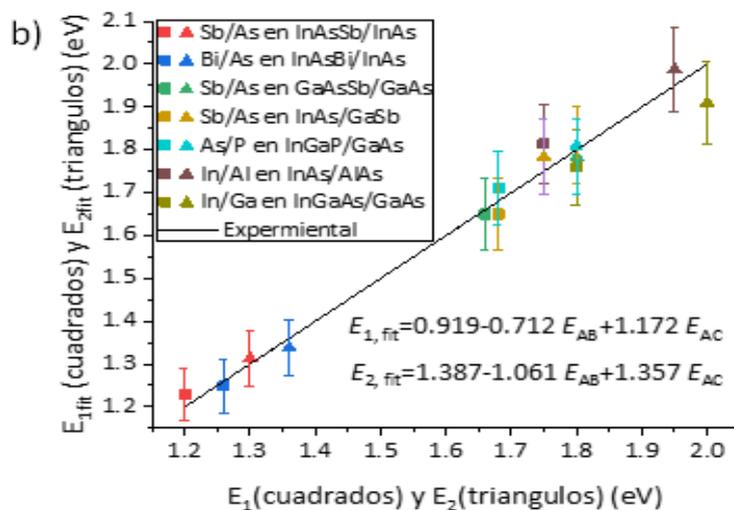


Figura 1. Mapa EDX (arriba) y los perfiles experimentales y calculados (abajo) para una muestra de superredes de InAsBi/InAs.

*“todas estas características hacen del InAsBi un compuesto prometedor en el desarrollo de posibles aplicaciones en el campo de la ingeniería de bandas”*

Con este proyecto, se pretende entender los mecanismos de segregación que se producen durante la deposición de Bi a baja temperatura a través de epitaxia de haz molecular (MBE) en diferentes estructuras de superredes (SL) basadas en aleaciones InAsBi y su correlación con las propiedades del material. Para ello, se ha realizado una completa caracterización estructural y composicional de cuatro muestras de superredes de InAsBi/InAs con composición de Bi de 1,2-2,8%. A partir de los datos de distribución de composición hemos podido modelar los perfiles de segregación de Bi (Figura 1), utilizando para ello un mecanismo de intercambio de fluidos de tres capas, extrayendo los valores de las energías de intercambio As/Bi en la matriz de InAs ( $E_1, 1,26\pm 0,01$  eV y  $E_2, 1,36\pm 0,02$  eV). Esto nos ha permitido comprender mejor los mecanismos de segregación que se producen durante la deposición de Bi a baja temperatura mediante MBE, llegando a proponer una relación

para calcular las energías de activación para el intercambio en aleaciones III-V a partir de las energías de enlace (Figura 2), lo que nos ha permitido predecir nuevos valores para otros compuestos previamente desconocidos, como es el caso de las energías de intercambio As/Bi estimadas para las aleaciones de GaAsBi/GaAs ( $E_1, 1,24\pm 0,01$  eV y  $E_2, 1,31\pm 0,02$  eV). Estos valores ya han sido probados con éxito para describir el perfil Bi en diferentes aleaciones de GaAsBi corroborando la eficacia de nuestro ajuste. De los resultados obtenidos en dicho proyecto, esperamos que esto sirva para acercarnos en la medida de lo posible a la fabricación de dispositivos de emisión y fotodetectores en la región del infrarrojo con mejores prestaciones que los actuales.



**Figura 2.** Diagrama de las energías  $E_1$  y  $E_2$  ajustadas frente a las experimentales para diferentes sistemas III-V (de nosotros y otros autores). La línea sólida representa la igualdad entre las energías calculadas y medidas.



El Dr. Daniel Fernández de los Reyes se licenció en Física en 2009 por la UCO y posteriormente realizó el Máster en Ciencias y Tecnologías Químicas en la UCA, donde obtuvo una beca para hacer el doctorado. En 2014, defendió su tesis sobre caracterización de nanoestructuras semiconductores III-V, obteniendo la máxima calificación y el premio extraordinario de doctorado de la UCA. Actualmente es PAD en el Área de Ciencias de los Materiales y continúa trabajando en la caracterización de nanoestructuras para dispositivos foto-electrónicos y fotovoltaicos.